中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 44(3)：313～334 (1995)

電阻式稻穀水份計性能之檢測[1]

陳 加 忠　　曹 之 祖[2]

摘要：本研究利用烤箱量測所得之量測值爲標準值，用以比較國內最常使用之四型稻穀電阻式水份計量測性能，並比較四個不同品種對水份計性能之影響。利用統計量中誤差值與變異數以決定水份計之適用範圍。藉量測值與標準值之關係建立最佳校正方程式以改良量測性能。研究結果顯示電阻式水份計之適用量測範圍僅限於含水率22%以下。本研究亦探討品種、機具與收穫年期對於量測性能之量化影響。

關鍵詞：烤箱、含水率、稻穀、電阻水份計。

在國內加工作業中，穀物含水率的檢定主要以紅外線水份計，電阻式與高週波式水份計爲主。前者之量測適用範圍已有探討(2)，後者之量測方式受到穀物種類，周圍溫度與校正方法等因素所影響，但皆未有詳盡之測定以評估其性能。在乾燥機之乾燥自動控制作業中，穀物於機體內需要即時量測其含水率用以控制其預定含水率。國內乾燥機之生產廠商早期自日本購買此型水份量測設備，近年來已開始自製此型電阻式水份計，並完成實用之驗證校正技術，使自製水份計達到量產銷售階段(5)。針對散裝穀物監控系統之含水率測定方面，利用電子相對濕度計量測平衡相對濕度與溫度，再換算爲含水率之技術也已開發完成(3)。然而檢驗用之水份計其影響因子尚未有詳細之研究。

農產品水份量測法主要分爲初級法 (Primary) 與二級法 (Secondary) (13,14)。初級法係將水份直接自穀物內移出以計算其數量，此種直接方法主要以烤箱之熱風加以乾燥水份。直接法之準確性最高，但是耗費人力與時間，對檢驗量測作業並不適用。二次法又稱間接法，係量測與穀物含水量有關的化學或物理量，再轉換爲水份值。此類測定方式必須以初級 (或稱直接法) 爲依據，進行校正工作。常用的方法如電子原理量測法，紅外線快速乾燥法，相對濕度量測法，近紅外線技術與微波技術(10)。

以電子式水份計進行穀物水份量測其利用特點如下：操作簡易，快速，可隨身攜帶。主要之應用爲電阻式。因爲校正來源來自最初標準，因此準確性無法高於最初標準之準確性。其構造與量測原理可說明如下：

1. 電阻式水份計係以相向之金屬板擠壓穀粒後，在一定電壓下量測電流變化，再轉換爲穀物水份。穀物水份愈高，電阻愈小。穀粒水份低於某一限度時，水份緊緊拘束，對礦物質無溶解作用，無法用以量測電阻變化。在水份太高的情況下，電阻已無變化性，因此此型水份計有其應用限制，不適用太低或太高含水率之樣本。
2. 此型水份計之其他影響條件包括穀粒內水份是否均勻分佈。以稻穀爲例，表層之穀與內部白米之含水率即不相同。因此往往需要碾壓成碎粒混合，再進行量測。使用時於用壓力與周圍溫度對準確性均有影響。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1802 號。
2. 本所農工系副研究員、技士。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

水份計之性能與其售價相關，因使用之目的可分爲成本高昂，以市場交易爲目的之市場型水份計與以農場現地量測用之農場型水份計[10,15,16]。感測器之性能主要有四種：準確性、精密性、遲滯性與持久性[2]。對於穀物含水率量測而言，國內農民與農企業所使用之廠牌來源除國產兩型水份計之外，並自國外購買各種機型，而其性能之比較往往僅以準備性爲主[4]，對於量測性能之精密性，與性能影響因子中如稻穀品種之量化影響能力，尙未有詳細之研究。

Multon 氏[17]對八種水份計進行評估，提出選用檢驗穀物水份計的條件爲準確性與重覆性良好，操作簡易，操作時間短，成本低廉。電子式穀物水份計的準確性則取決於校正技術。

Cervinka 氏等[9]描述美國加州農業部穀物水份計之校正系統建立程序，以烤箱量測値爲標準。樣本含水率爲14－15%時，水份計量測性能良好，在22%含水率時誤差顯著增加。量測誤差爲穀物容積密度（bulk density）與含水率之線性關係函數。Bern 與 Hurburgh 氏[8]觀察兩種廠牌33具玉米粒水份計兩量測値與烤箱法標準値的誤差特性。對13.4%之樣本而言，兩廠牌平均誤差爲0.34與0.73%，對24.6%之樣本，平均誤差各爲0.47%與0.32%。誤差値與水份計之使用年份無顯著關係。

Hemeda 氏等[12]研究玉米之品種，機械傷害程度與乾燥溫度對四種電容型水份計之性能影響，其結果顯示品種與機械損傷程度對於量測誤差有顯著影響，但使用乾燥溫度於20～82°C時，並不影響水份計性能。Paulsen 氏等[20]研究校正技術對六型水份計量測性能之影響能力，其結果顯示對低含水率之樣本，量測誤差爲0.1至0.6%，高含水率之樣本其量測誤差爲－0.6至－0.3%。量測誤差的變異數隨含水率增加而增加。相同樣本，以同型水份計在不同實驗室之量測結果亦有顯著誤差。Hurburgh 氏等[15]測定比較五型市場用玉米水份計之性能。結果顯示量測誤差與樣品含水率有關，在含水率低於30%時，量測誤差（烤箱值減水份計量測值）爲正，含水率高於30%時，量測誤差爲負。誤差來源中，樣本因品種或組成成份不同之量化影響比例約有85～90%，因此研究者建議品種之電子物性關係需要加以詳細研究。相同之研究人員[16]，對三種農場用水份計進行性能研究，發現農場型水份計其量測誤差變異數隨含水率增加而增加，其標準差則高於市場型水份計。相同廠牌不同機則引起之誤差則十分顯著，約佔誤差值36%，而市場型水份計爲同一廠型之差異則不顯著。

日本農業所使用之電子型水份計主要有電阻式，高周波電阻式與高周波電容式三種[6]。在性能研究方面，笠原氏[7]比較四種水份計之量測性能，甚結果顯示品種、未成熟粒與雜物量、施肥量等均影響測定性能。

國內之相關研究中，陳與曹氏[4]曾試驗以六型水份計量測四類穀物與豆科種子之含水率之誤差特性，水份計之應用原理包括電阻式，電容式與高周波式。以量測試差測觀察其量測適用範圍，並以各校正方程式比較其改良能力，但對影響因子如品種，機型等因素量化影響並未加以探討。

在量測性能研究方面，Noomhurm 與 Verma 氏[19]係描繪量測值與標準值之分佈圖形，以複相關係數（R^2）做爲評估之標準比較不同烤箱技術之誤差特性。Hurburgh 氏等[15]則建立量測值（Mm）與標準值（Mo）之差異值（Da）與標準值之線性關係式（$Da=a+b\times Mo$），但其 R^2 值皆小於0.6。Wilhelm 等人[22]在利用微波爐量測豆莢含水率之研究中，建立兩種校正方程式，直線方程式中烤箱所得含水率（Mc）爲 Y 值，在特定乾燥時間，特定數量樣本條件下之量測值（Ma）爲 X 值，其 R^2 爲0.94。另一項多重迴歸式以 Mc 值爲 Y 值，自變數（Xi）包含 Ma 值，乾燥時間（t），樣本數量（L），與 $Ma\times t$，$Ma\times L$ 之乘積值。此類研究用以評估量測準確性之統計量僅以 R^2 值爲主。

儀器之量測性能主要有準確性（Accuracy）與精密性（Precision）。前者代表量測數據與眞實標準值接近程度。後者代表在同一樣本，儀器重覆量測其數據相近之程度。此兩種性能曾採用於紅外線之性能研究[2]。

本研究之目的如下：

(一)以統計量如誤差絕對值分佈及標準差比較四種稻穀電阻式水份計之性能。
(二)以迴歸分析技術評估校正曲線對量測性能之改良能力。
(三)比較不同品種，收穫年代與不同機具（Units）對量測性能之影響。

材料與方法

一、研究所用設備

(一)烤　箱

德製 Rost Fret 牌，溫度控制範圍於1°C以內，用以量測含水率，本研究中所標稱之含水率均爲濕基（w. b. %）

(二)電阻式水份計

型式與廠商所列規格如下：

1. Kett 型：Riceter Model L

日本 Kett 公司產品，利用平板擠壓樣本，因電阻變化以量測含水率，稻穀之適用量測範圍爲11～30%，準確度±0.1%。

2. YA 型

日本山本公司產品，係利用平板擠壓方法量測，稻米測定範圍爲10%～40%。含水率10～20%時，準確度±0.5%，含水率30%以上時，準確度±1%。

3. IZ 型

日本靜崗公司產品，測定技術與 YA 相同，其量測範圍由國內代理廠商註明在20%內有效。

4. CMW 型

國內精明公司生產廠牌，樣本置於量測穴內，利用槓桿原理壓擠接觸點以量測含水率。此型設備共有兩種：兩段型（11—26%）與三段型（11—34%）。

二、測定用材料

稻穀，共有四種品種：臺稉8號（Taikeng No.8），臺稉2號（Taikeng No. 2），臺稉5號（Taikeng No. 5）與高雄142號（Kaohung No. 142）。

三、研究所用方法

(一)樣本準備

所測定樣本自田間採收後以烤箱法量測其最初含水率，並以乾燥設備乾燥至預定含水率，乾燥所用溫度約50°C左右，由初期試驗可知每批樣本數量約爲3.5公斤。乾燥完成冷卻後均勻混合置於密閉塑膠袋內，使其含水率均勻狀態。其平衡相對濕度大於65%之樣本則放置於2°C冷凍櫃內以避免發霉。樣本含水率自10%至34%，每2%之間隔即準備一批樣本以供試驗。

(二)每批樣本於各測定設備之測定方法如下：

1. 國產精明牌 CMW 型
2. 日本，Kett 牌
3. 日本，山本牌 YA 型
4. 日本，靜崗牌 IZ 型

依據儀器使用說明，記錄其讀出數據，每組數據每次至少七重覆。

(三)收穫年代與不同機具之影響

以臺稉8號品種，比較國產 CMW 型水份計於不同收穫年代與不同機具之性能影響。

四、量測曲線之應用

以樣本之含水率標準值（X）與水份計量測值（Y）之關係加以圖示，稱為量測曲線，理想的量測曲線為 X＝Y，代表量測值性能無任何誤差，對眞實之量測曲線而言，有如下之關係：

(一)$Y=a+X$，代表量測值與眞實值有固定之截距存在。

(二)$Y=b\times X$，代表量測值與眞實有一常數之比例關係。

(三)$Y=c_0+c_1\times X$，代表兩者之關係為直線，而狀況(1)與(2)為此型之特例，可利用 c_0 與 c_1 值改良量測性能。

(四)$Y=d_0+d_1\times X+d_2\times X^2+d_3\times X^3+\cdots\cdots+d_n\times X^n$，代表兩者之關係為曲線，有時必須以非線性函數表示。

五、實驗數據之分析方法

此研究中以烤箱（105°C，72 hr）所量測之數據為標準值，用以評估穀物水份計之性能。相關之統計技術說明如下：

(一)點測定

在同批樣本測定中，各測定水份計多次量測之數據其統計分析所用統計量[18,21]，包括誤差值（e），平均值（x），變異數（s^2），與誤差絕對值之平均值（Er）。

$$e=Mo-Mm \qquad (1)$$

$$Er=\frac{|e|}{N} \qquad (2)$$

Mo：烤箱法之量測值

Mm：水份計之量測值

N：樣本數

(二)區域測定

在全部量測範圍內，繪製標準值對量測值和各統計量之數據分佈，觀察不同測定設備在測定範圍之性能表現[18,21]，其應用技術如下：

1. 檢定 e 值與 s^2 值對標準值之分析是否有規律性，依此分佈狀況可比較其適用範圍。Er 值用以判別標準性，Er 值愈小，準確性愈好，s^2 值用以判別精密，s^2 值愈小，精密性愈佳。
2. 建立校正方程式，繪製量測值對標準值之量測曲線，利用迴歸分析技術以建立適當之校正曲線，而迴歸分析所得之標準差值（SE）可作為量測性能之誤差比較標準，SE 值之計算公式如下：

$$SE=\left(\frac{\sum|(x-y)|^2}{N-P}\right)^{0.5} \qquad (3)$$

x 為標準值，y 為校正方程式預測值，P 為方程式參數數目。所有之校正方程式均觀察其適用範圍對預測性能影響，以評估其適用範圍。

結果與討論

一、水份計量測性能

(一)全部含水率之範圍（10%—35%）

以臺稉8號品種之量測數據為代表探討五型水份計之量測性能。

1. CMW 型水份計

對國產 CMW 電阻式水份計而言，三組數據量測值與樣本標準值之關係如圖1a 所示，圖中數字代表數據重覆次數（以下之圖形其數字之意義相同），兩者並非直線分佈。量測誤差與標準值之關係如圖1b。由圖可知，誤差之分佈並非均勻落於 X＝0之水平線附近，而是

顯示曲線之分佈。其準確性不佳，Er 為1.65。

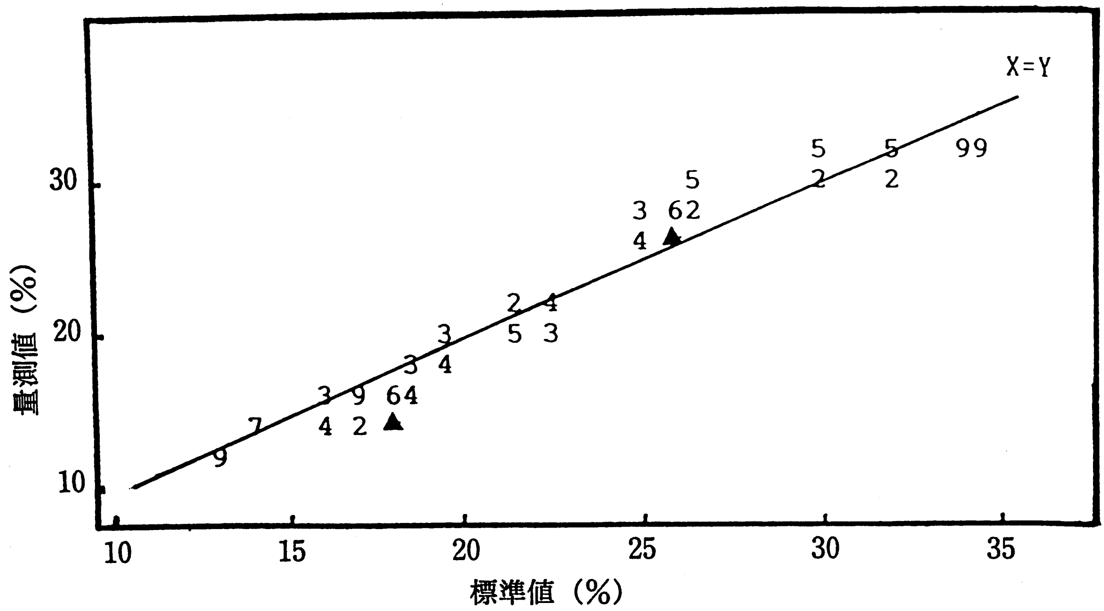

圖 1a. CMW 水份計對臺稉8號之量測性能 (10~35%)

Fig. 1a. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter (10~35%)

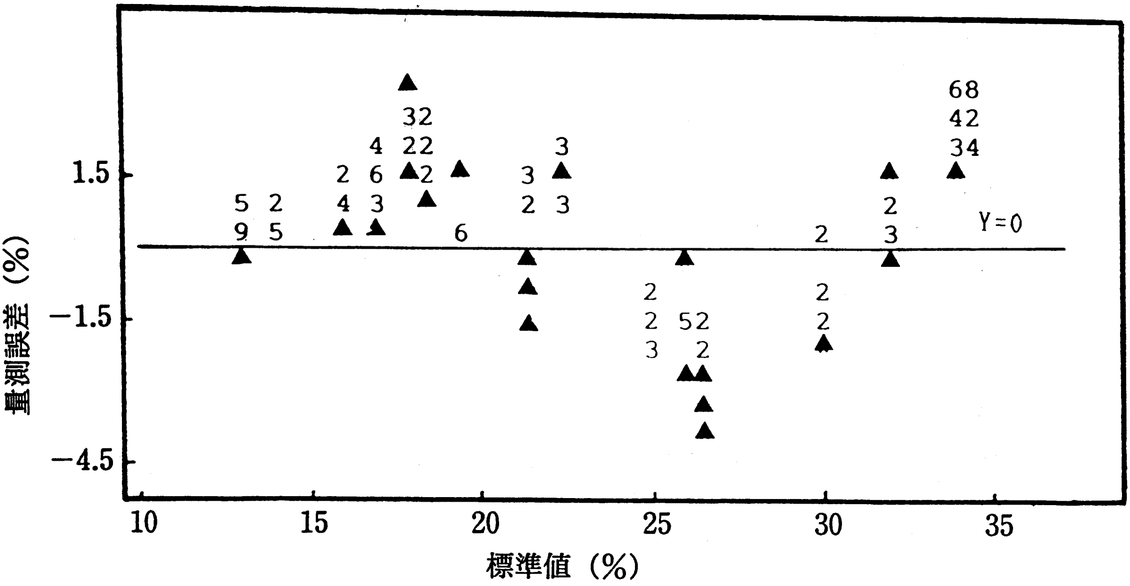

圖 1b. CMW 水份計對臺稉8號之量測誤差 (10~35%)

Fig. 1b. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter (10~35%)

每組數據（七重覆）之變異數對標準值之關係如圖1c所示。在樣本含水率爲20～25%之範圍，變異數之值高於0.4之上，顯示此種水份計量測精密性之不佳，其較佳應用範圍僅限於20%以內。

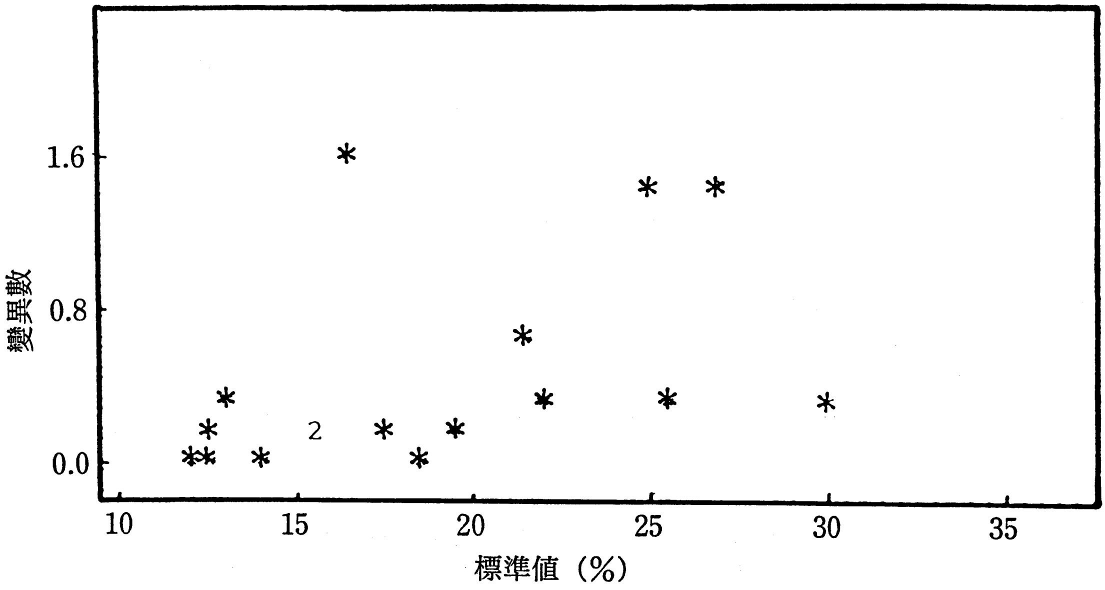

圖 1c. CMW 水份計對臺稉8號之變異數（10～35%）

Fig. 1c. Variance versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter (10～35%)

以直線迴歸技術之校正公式爲：

$Y=0.85+0.3\times X1$，$R^2=0.967$，$SE=1.6$　　(4)

Y 爲烤箱法測定所得標準值，X_1 爲 CMW 型水份計之量測值。

Er 爲直接量測誤差，數值爲1.65，SE 爲利用校正迴歸方程式改良量測性能之誤差，其值爲1.65顯示以校正方式對此型水份計之性能改良並無多大幫助。

利用包含四次方之多項式建立之校正迴歸方程式其 R^2 爲0.976，SE 爲1.3。可知利用校正方程式在含水率10%～35%量測範圍對此型水份計之性能改善並不良。其他三種品種之量測誤差分佈均與臺稉8號相似。

2. Kett 水份計

Kett 水份計對臺稉8號量測數據的量測性能曲線如圖 2a 與圖2b。圖 2a 中量測點的分佈與 X=Y 直線比較，有較佳之直線關係。其量測誤差由圖 2b 可知，在低於含水率20%之範圍內，量測誤差分佈集中於Y=0之兩側，在大於20%之範圍之後，誤差之分佈成發散狀態，呈現精密性不良之性能。由量測值變異數對標準值之分佈圖形（圖2c），可知大於含水率20%之範圍，將使量測之重覆性不佳。

此型水份計量測誤差 Er 值爲0.65。建立直線校正方式如下：

$Y=-0.341+1.014\times X_2$，$R^2=0.976$，$SE=0.84$　　(5)

SE 值爲0.84，大於 Er 值0.65，可知以校正方式對量測性能之改良不大。

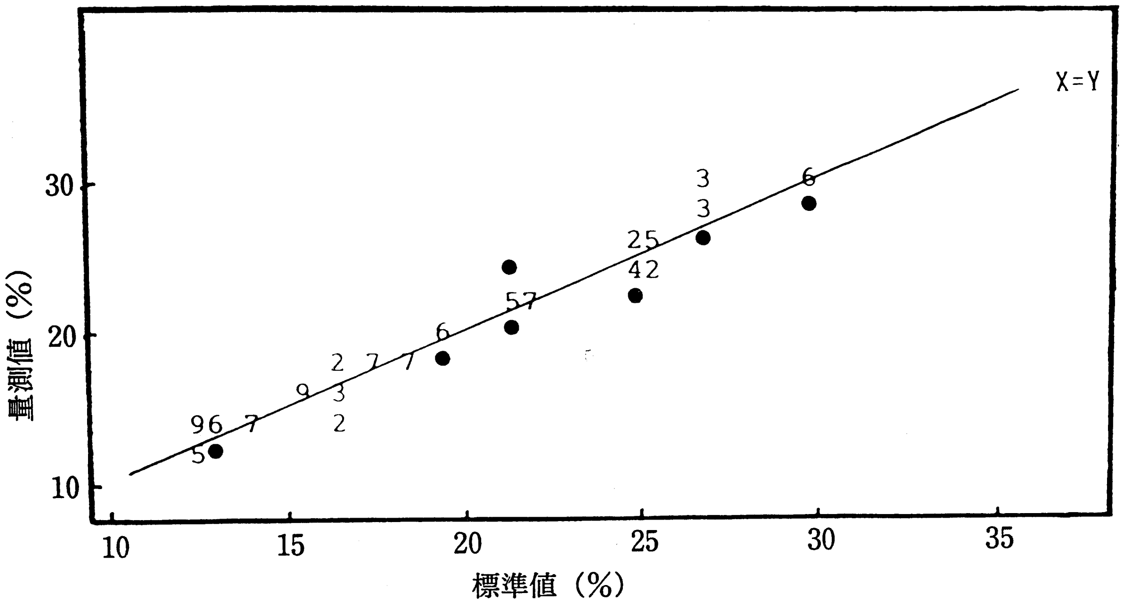

圖 2a. Kett 水份計對臺稉8號之量測性能 (10～32%)
Fig. 2a. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for Kett meter (10～32%)

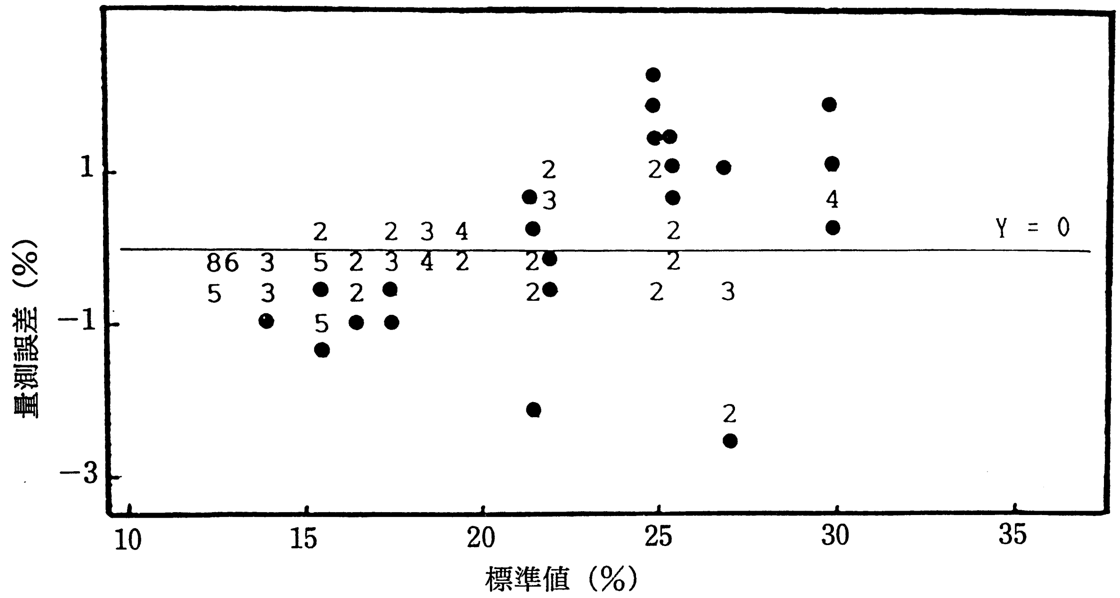

圖 2b. Kett 水份計對臺稉8號之量測誤差 (10～32%)
Fig. 2b. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for Kett meter (10～32%)

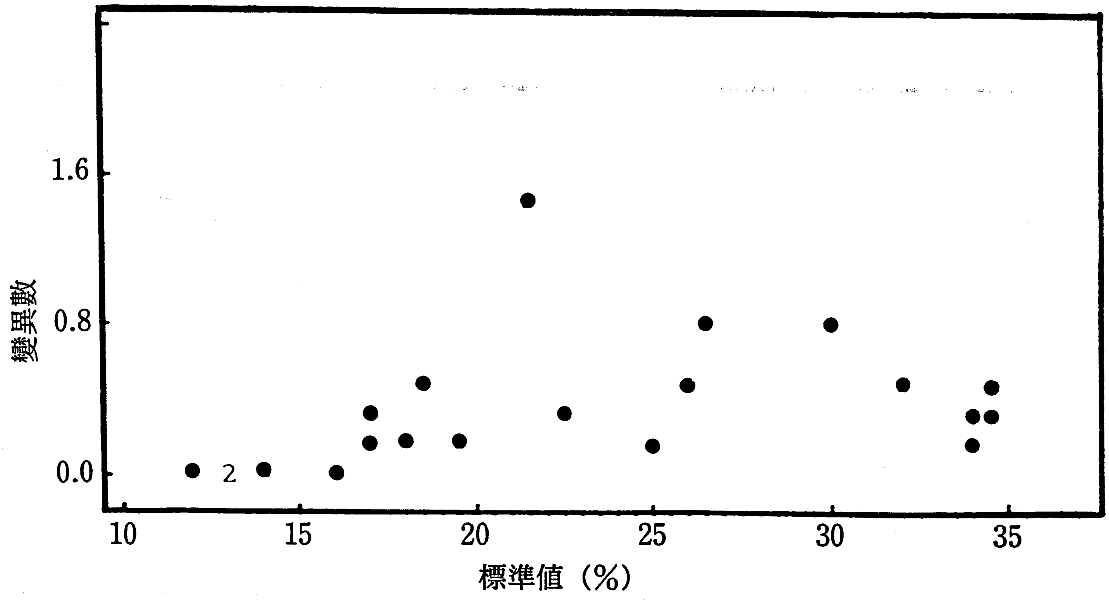

圖 2c. Kett 水份計對臺稉8號之變異數（10～32%）
Fig. 2c. Variance versus oven moisture of Taikeng No. 8 for Kett meter（10～32%）

3. YM 水份計

YM水份計對臺稉8號之量測性能如圖3a。量測數據均十分接近X＝Y之直線，量測誤差之分佈如圖3b。在高於含水率22%之量測範圍，其量測誤差成發散分佈，代表精密性不良。圖3c顯示量測數據之變異數在大於含水率22%後顯著增加，且隨樣本含水率增加而增加。

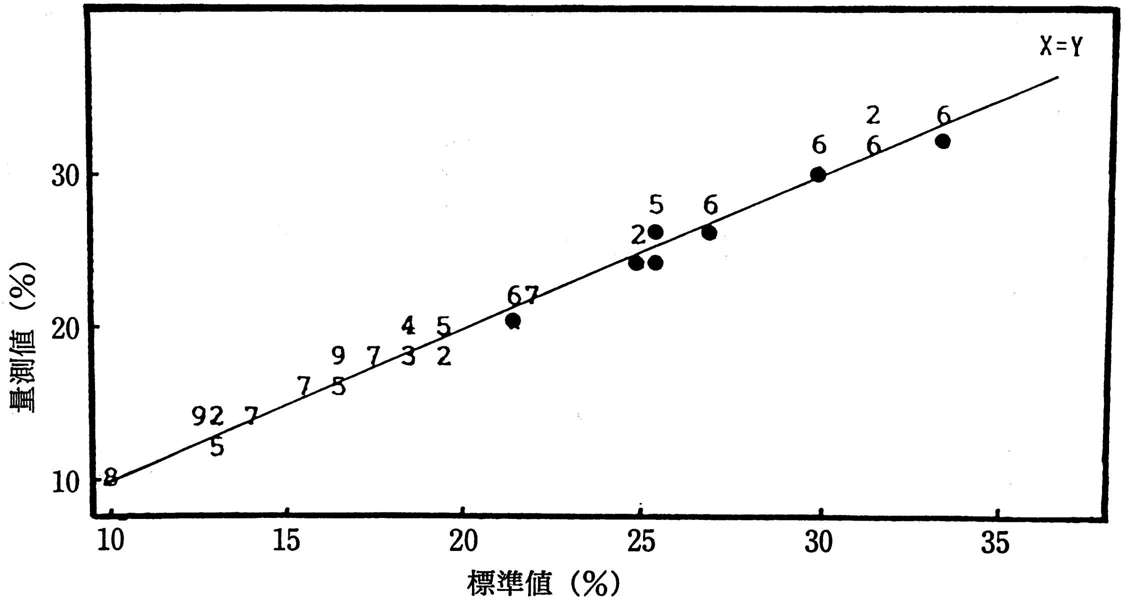

圖 3a. YA 水份計對臺稉8號之量測性能（10～35%）
Fig. 3a. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for YA meter（10～35%）

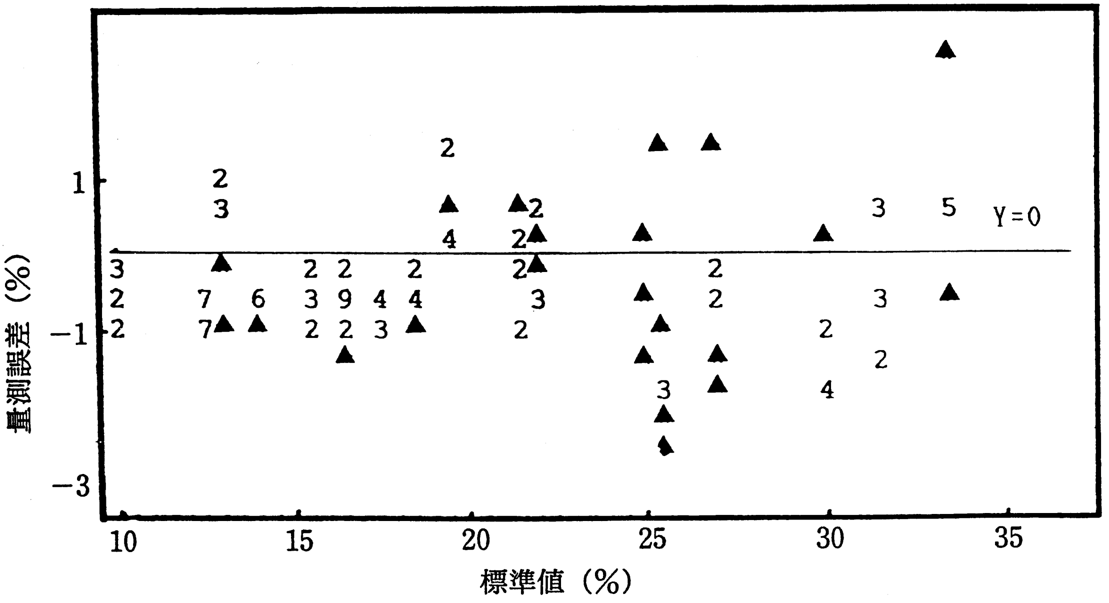

圖 3b. YA 水份計對臺稉8號之量測誤差（10～35%）

Fig. 3b. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for YA meter（10～35%）

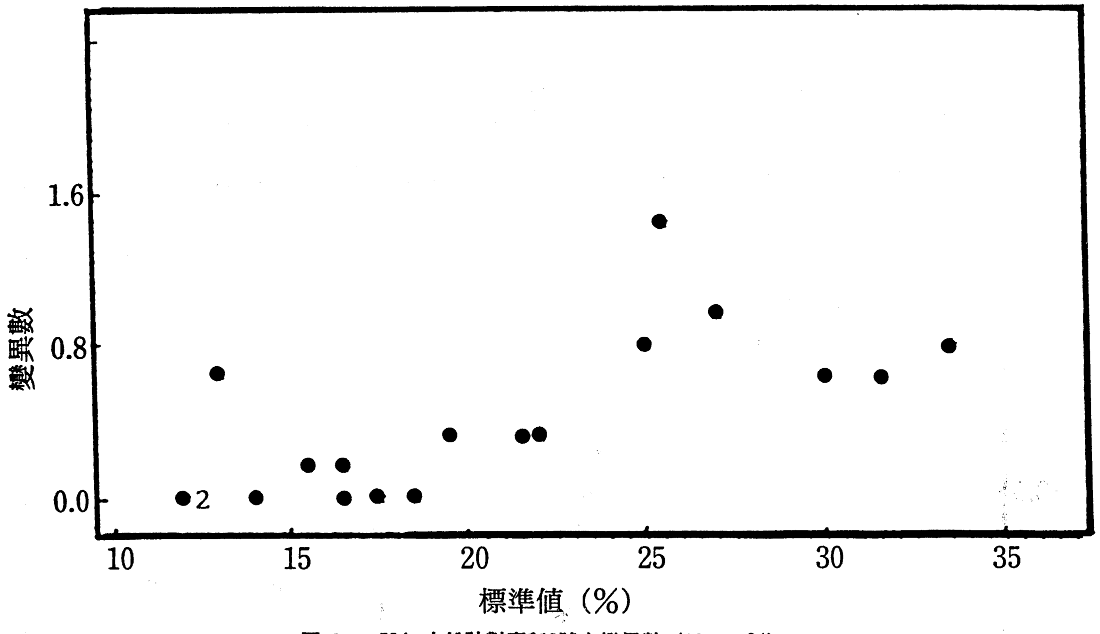

圖 3c. YA 水份計對臺稉8號之變異數（10～35%）

Fig. 3c. Variance versus oven moisture of Taikeng No. 8 for YA meter（10～35%）

YM 水份計量測 Er 值爲0.79。校正曲線以迴歸分析爲直線方程式：

$$Y=-0.394+0.996\times X_3，R^2=0.987，SE=0.81 \qquad (6)$$

比較 Er 與 SE 值，可知利用迴歸直線對性能之改良不大。

4. IZ 水份計

IZ 水份計之量測性能如圖4a所示，在大於含水率20%之量測範圍，量測性能之準確性嚴重偏離，由圖4b之量測誤差分佈可知，在含水率18%之內，誤差有固定分佈，在大於含水率18%，誤差偏離且現發散。圖4c之量測變異數分佈顯示大於含水率18%之量測範圍，此型水份計之精密性與準確性均不良。

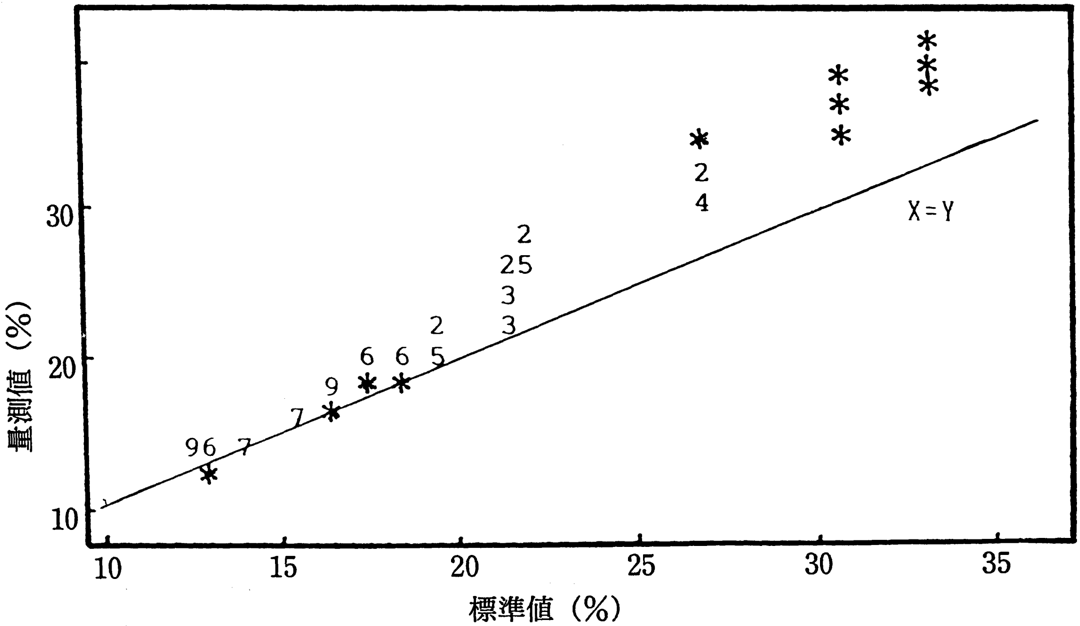

圖 4a. IZ 水份計對臺稉8號之量測性能（10～35%）

Fig. 4a. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for IZ meter (10～35%)

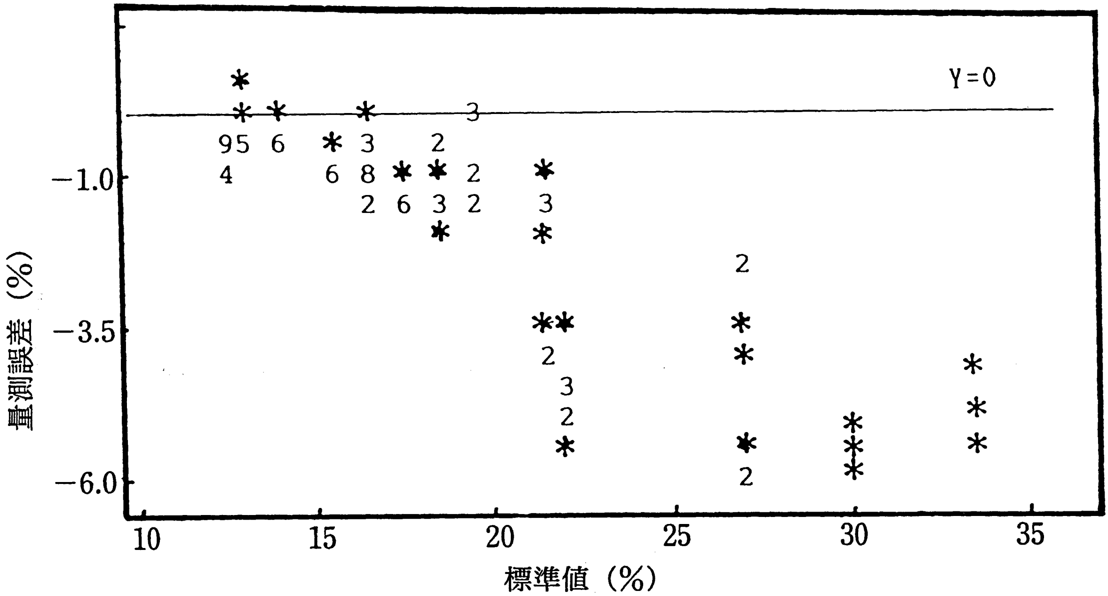

圖 4b. IZ 水份計對臺稉8號之量測誤差（10～35%）

Fig. 4b. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for IZ meter (10～35%)

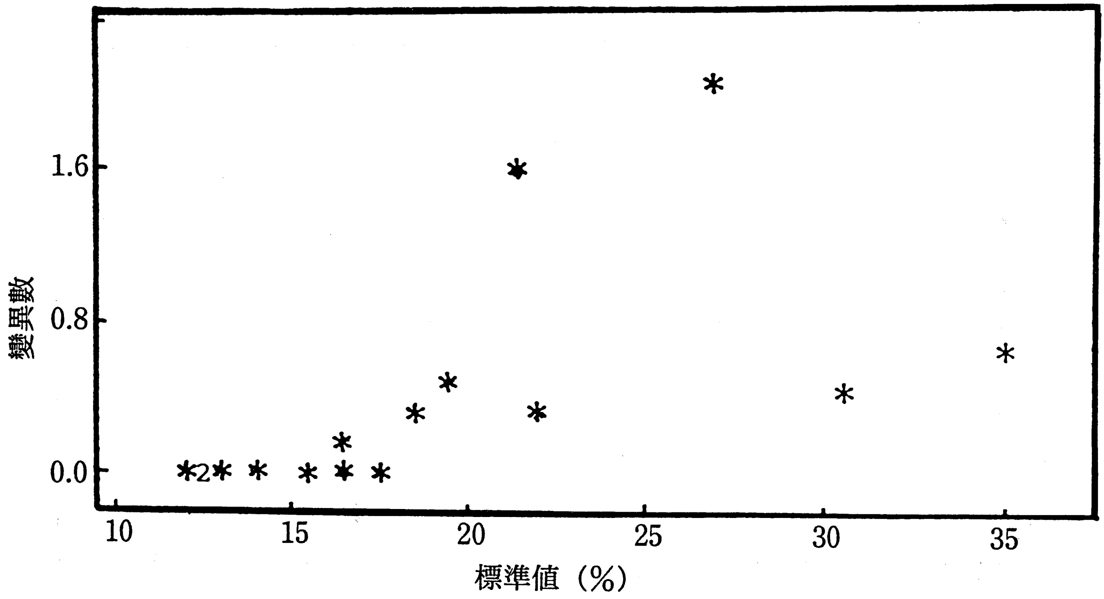

圖 4c. IZ 水份計對臺稉8號之變異數 (10～35%)
Fig. 4c. Variance versus oven moisture of Taikeng No. 8 for IZ meter (10～35%)

Er 值高達1.53，其校正方程式爲：

$Y=3.08+0.758\times X_4$，$R^2=0.97$，SE=0.93。 (7)

可知利用校正方程式可改良量測性能，但其誤差值仍偏高 (SE=0.93) ，改良能力有限。

由於高含水率之樣本其量測性能有偏離線性反應或偏高之標準差，因此若電子原理開發之水份計直接應用以稻穀含水率量測，其量測範圍建議維持於22%含水率之內。

(二)低含水率範圍之樣本 (12%～22%)

所用品種爲臺稉8號。

1. CMW 型水份計

此型水份計於含水率12—22%範圍內之量測性能與誤差分佈如圖5a與5b。量測值對標準值之曲線分佈特性十分明顯，誤差之分佈亦爲顯著地曲線分佈。

此範圍內其 Er 值爲1.14，比較全含水率12—35%範圍之 Er 值爲1.65，可知在低含水率範圍之準確性已改善。

最佳迴歸校正方程式爲：

$Y=14.5+2.89\times X_1-5.518\times 10^{-2}\times X_1^2$ (8)

$R^2=0.956$，SE=0.68

由 SE 值 (0.65) 與 Er 值 (1.14) ，可知此應用範圍內利用校正曲線則可改良量測特性。

2. Kett 型水份計

由圖6可知此型水份計之誤差分佈在含水率15—18%範圍內最接近 Y=0之直線，顯示此範圍之量測準確性最佳。統計量 Er 值爲0.481，利用迴歸技術所得校正公式爲：

$Y=-0.205+1.002\times X_2$，$R^2=0.96$，SE=0.62 (9)

SE 值 (0.48) 與 Er 值 (0.62) ，可知校正公式對性能並未改善。

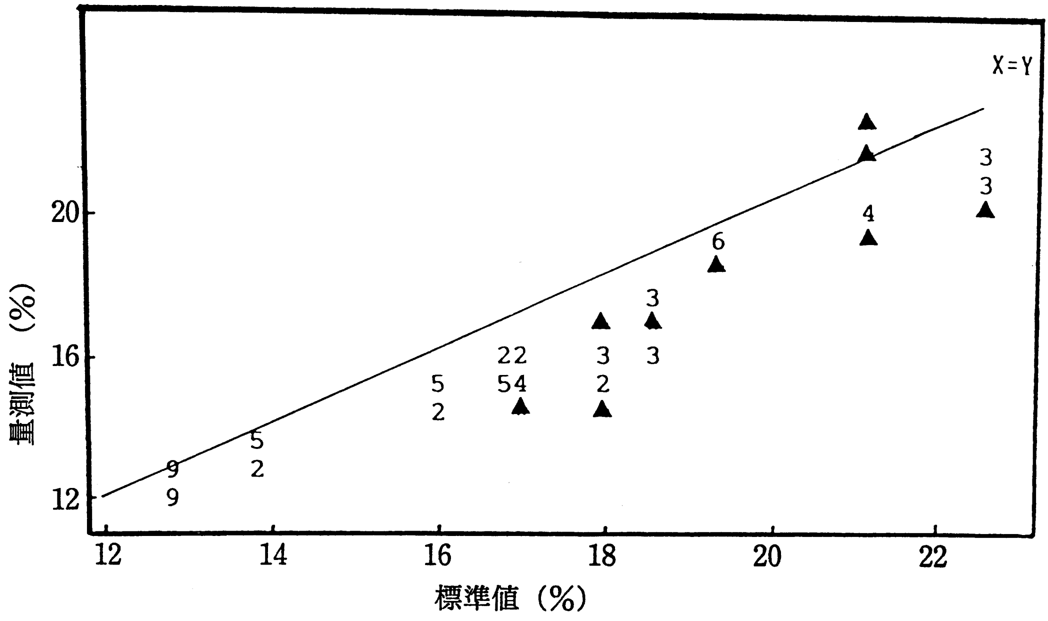

圖 5a. CMW 水份計對臺稉8號之量測性能 (10～24%)
Fig. 5a. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter (10～24%)

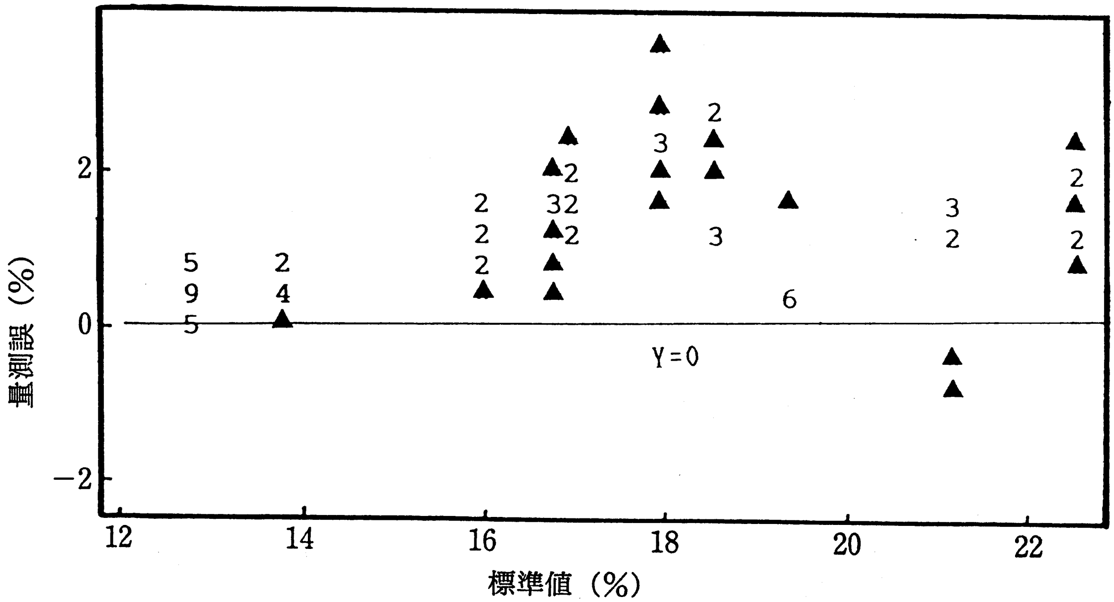

圖 5b. CMW 水份計對臺稉8號之測誤差 (10～24%)
Fig. 5b. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter (10～24%)

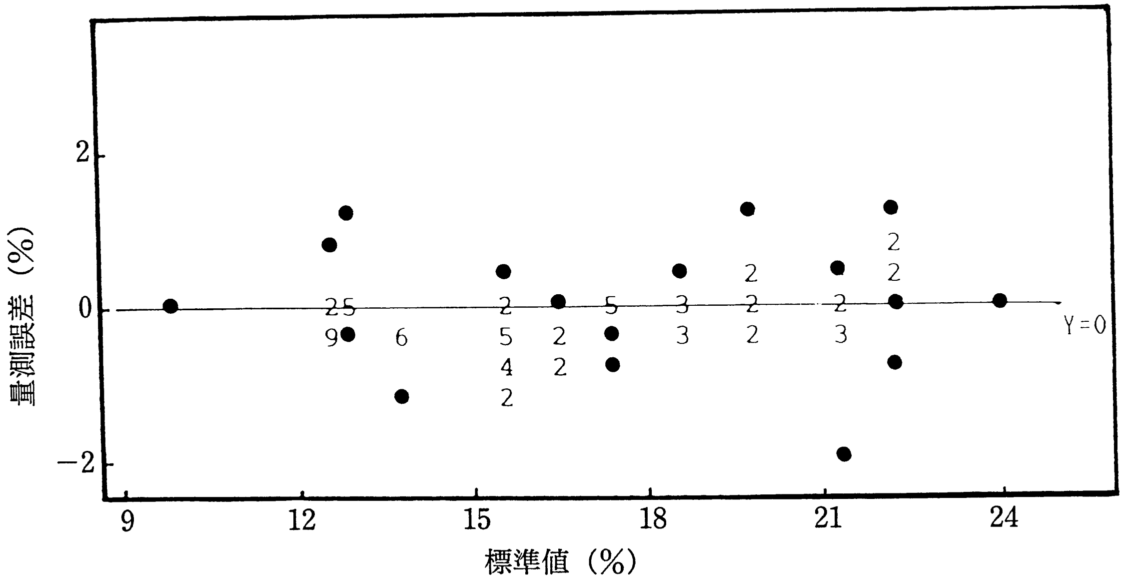

圖 6. Kett 水份計對臺稉8號之量測誤差（10～24%）

Fig. 6. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for Kett meter (10～24%)

3. YM 型水份計

此型份計量測誤差如圖7，在含水率13～18%之量測範圍其誤差分佈最爲穩定。在含水率爲12～22%之範圍，Er 值爲0.66，校正方程式爲直線方程式，對量測性能改良不大。

$Y=-0.772+1.02\times X_3$，$R^2=0.97$，$SE=0.58$　　　　(10)

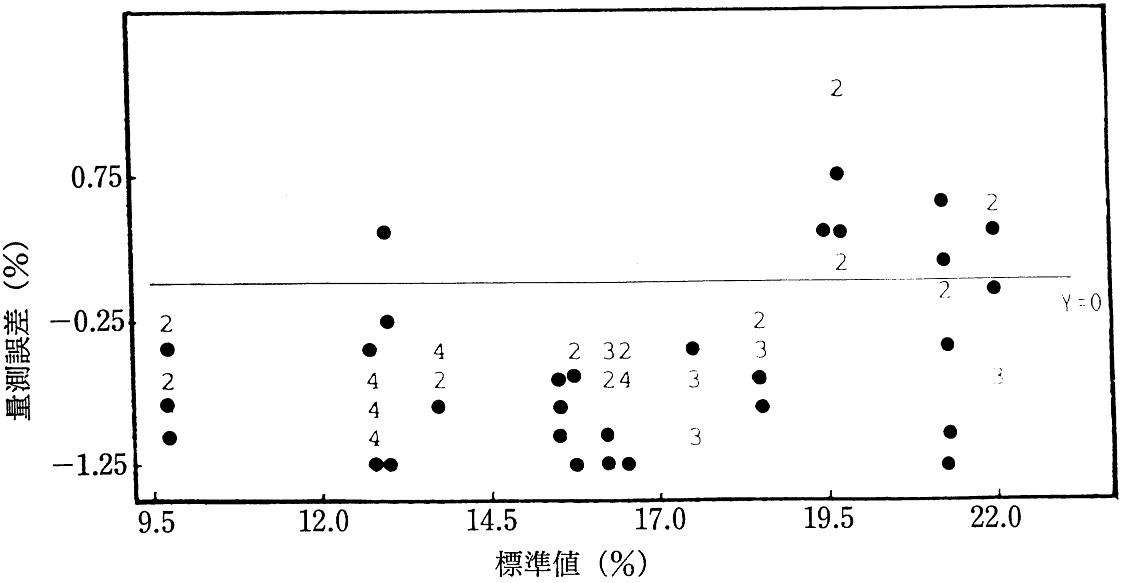

圖 7. YA 水份計對臺稉8號之量測誤差（10～24%）

Fig. 7. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for YA meter (10～24%)

4. IZ 型水份計

此型水份計在含水率12～22%量測範圍內其誤差分佈如圖8，誤差隨含水率之增加而分散狀態，Er 值爲0.95，校正方程式爲：

$$Y=1.267+0.871\times X4，R^2=0.978，SE=0.44 \quad (11)$$

SE 值顯著低於 Er 值，顯示可介由校正方程式改良性能。

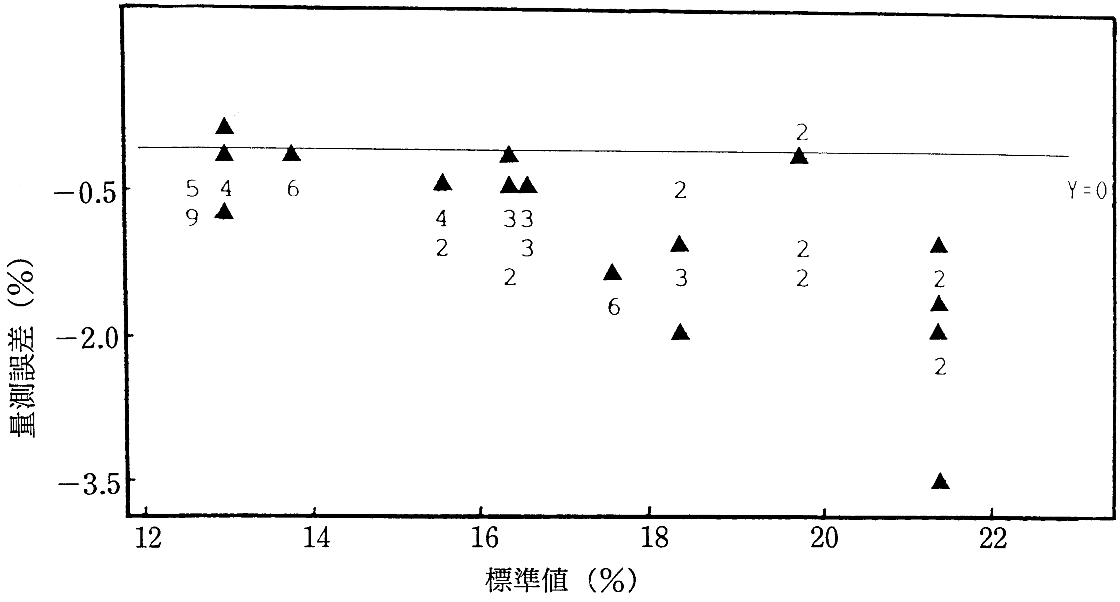

圖 8. IZ 水份計對臺稉8號之量測誤差（10～24%）
Fig. 8. Error values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for IZ meter (10～24%)

稻穀含水率範圍對四型水份計量測性能之影響如表1，由 SE值與 Er 值比較，可知電阻原理開發而成之水份計，其適用範圍不得高於22%。對高水含率之樣本量測而言，四型電阻式水份計皆無有良好之量測性能，利用校正公式之改善能力亦不良。

表 1. 稻穀含水率範圍對四型水份計量測性能之影響
Table 1. The effect of the moisture range of rough rice on the performance of four types resistance meter

Resistance meter	Whole range (12—35%)			Lower range (12—22%)		
	Er	R^2	SE	Er	R^2	SE
CMW type	1.65	.967	1.6	1.65	.967	1.6
Kett type	0.65	.976	0.84	0.48	.961	0.62
YM type	0.79	.987	0.81	0.66	.970	0.58
IZ type	1.53	.970	0.93	0.95	.978	0.44

以公式8～11，所描繪之校正曲線，比較四型水份計之量測性能，如圖9所示。國產兩種水份計 CMW 型爲曲線，其他三型水份計以 Kett 型之量測性能與 X＝Y直線最接近，YM 型水份計之量測

值則略低於標準值，兩者（Kett 與 YM）皆爲固定誤差，IZ 型水份計其量測在含水率12～15%範圍時接近標準值，而隨量測樣本含水率之增加，誤差亦爲之增加，以校正曲線之比對，各型水份計之量測特性十分顯見。

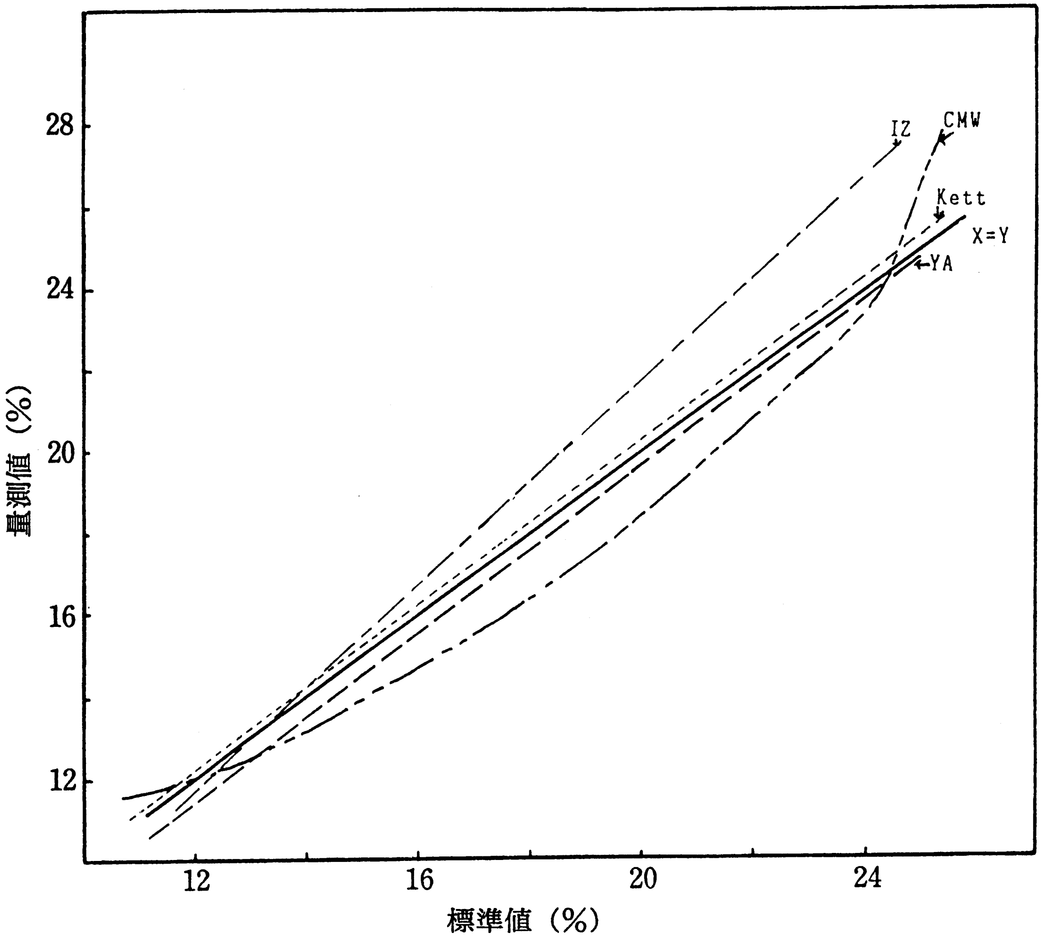

圖 9. 四型水份計對臺稉8號之量測性能比較

Fig. 9. The comparision for the meter values versus oven moisture of Taikeng No.8

二、品種對量測性能之影響

四種稻穀品種：臺稉8號、2號、5號與高雄142號對水份計量測性能之影響討論如下：爲避免將數組不同品種量測曲線描繪於同一圖形，而因大量數據之描繪、重疊造成比較之困難。此研究中將各品種於不同水份計之量測曲線進行迴歸分析，求出最佳校正公式，再以四品種之方程式曲線加以比較。

(一)CMW 水份計

CMW 水份計對四種品種之量測性能如圖10所示。在相同標準含水率之下，臺稉2號之量測值最高，臺稉8號最低。以含水率14%而言，臺稉5號、8號與高雄142之量測數值差異性約在0.5%以內，臺稉2號之量測值比臺稉8號高約1.1%。在含水率18%之作業狀況下，四品種之高低誤差值約爲1.5%，包括臺稉2號之三品種，差異性爲0.8以內。隨含水率增加，品種之差異性愈大。

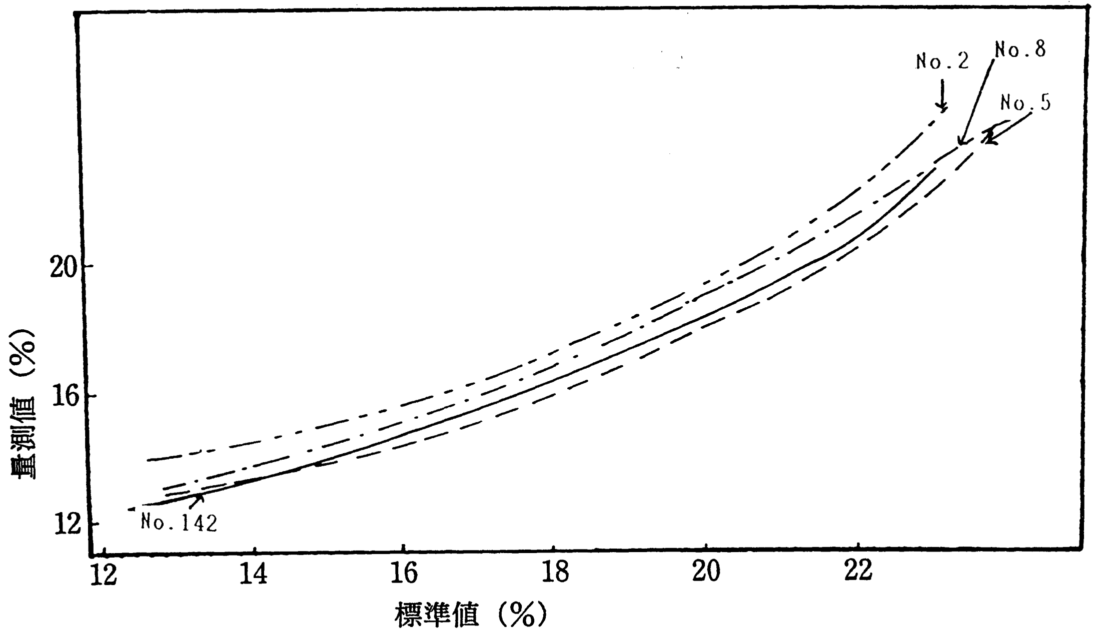

圖 10. CMW 水份計對四種品種之量測性能

Fig. 10. Meter values versus oven moisture of four varieties for CMW meter (10～35%)

(二)Kett 型水份計

此型水份計對四品種之量測性能如圖11所示。臺稉5號與8號的量測性能校爲接近。在14%含水率作業臺稉2號品種之量測值高於8號之量測值約1%，在18%之含水率，品種引起之差異性則約有1.3%。

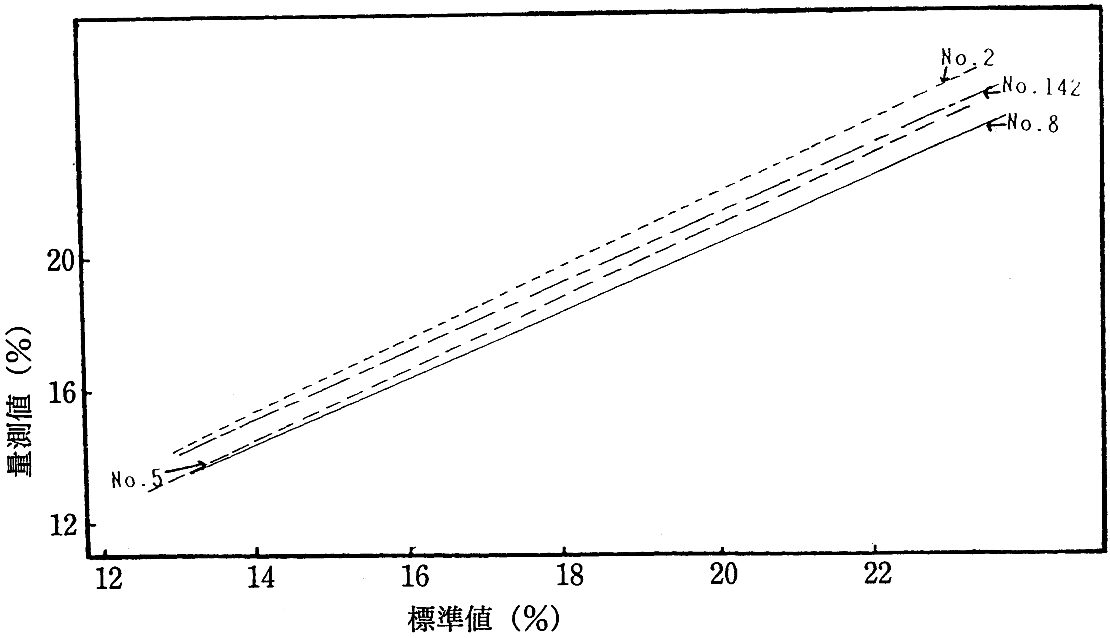

圖 11. Kett 水份計對四種品種之量測性能

Fig. 11. Meter values versus oven moisture of four varieties for Kett meter (10～35%)

㈢YA 型水份計

四品種的量測性能如圖12。相同含水率之下，臺稉8號之量測值最小，高雄142號之量測值最高，對14%之含水率樣本，四品種之差異性介於0.7%之範圍，在18%含水率之時，差異值之範圍亦近乎0.7%。臺稉2號、5號與高雄142號三品種之量測差異性都低於0.5%，四品種之影響性不大爲此型水份計之特點。

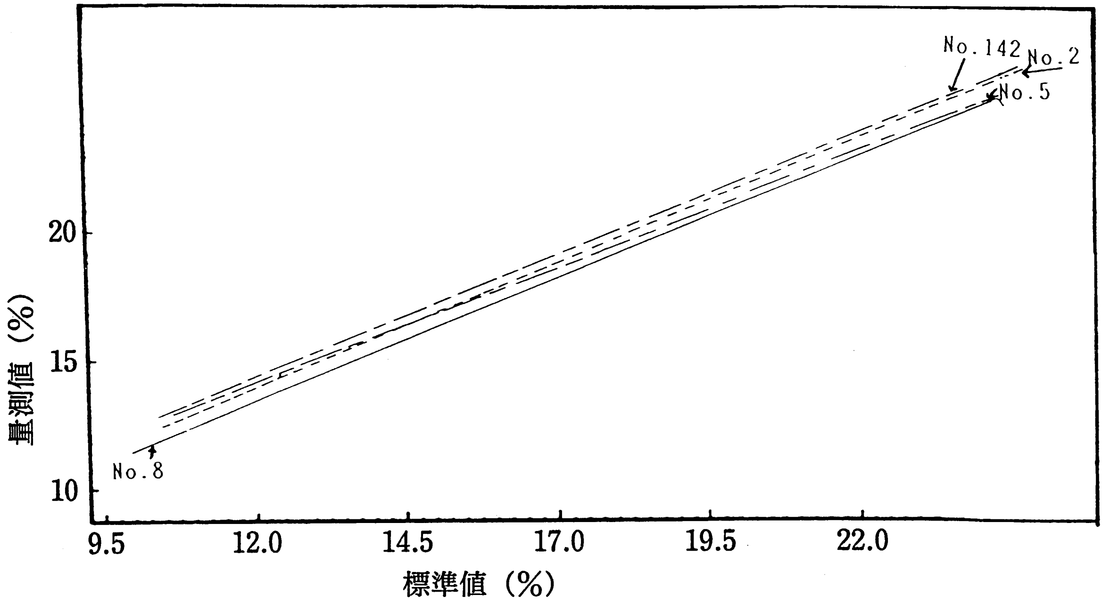

圖 12. YA 水份計對四種品種之量測性能

Fig. 12. Meter values versus oven moisture of four varieties for YA meter (10～35%)

㈣IZ 型水份計

四種品種以 IZ 型水份計之量測性能如圖13所示。臺稉2號與5號之量測性能較接近。在14%之含水率，四品種之量測差異約爲1.0%，18%含水率之樣本，差異性則爲1.6%。隨含水率之增加，品種的影響性更爲顯著。

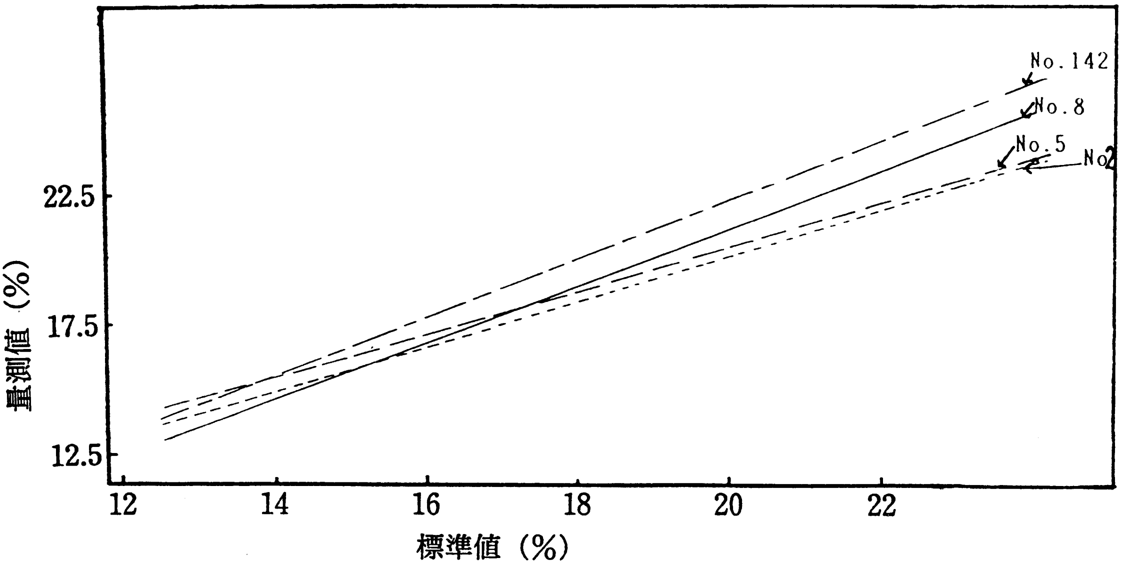

圖 13. IZ 水份計對四種品種之量測性能

Fig. 13. Meter values versus oven moisture of four varieties for IZ meter (10～35%)

由上述四型電阻型水份計對不同品種之量測性能可知，YA型水份計受不同品種之影響性最不顯著。CMW 型與 IZ 水份計則因品種影響，量測性能約有1.0%以上之誤差性。

三、機型與收穫年代之影響：CMW 型水份計

以同廠牌，來自相同工廠而不同機具量測臺稉8號所得的量測曲線如圖14所示。在低水份範圍（13～18%），兩具水份計之量測差異性爲0.5%之內，但在高含水率範圍差異性極大。同一機具量測不同收穫年代（1993年爲貯存1年之稻穀）量測曲線差異十分顯著（圖15）。在含水率12～18%範圍，有2.5%之差異値，不同收穫年代對量測性能之影響是來自稻穀成份之不同或因爲貯存時間引起穀物電阻物性之改變，此方面之原因需要更深入之探討。

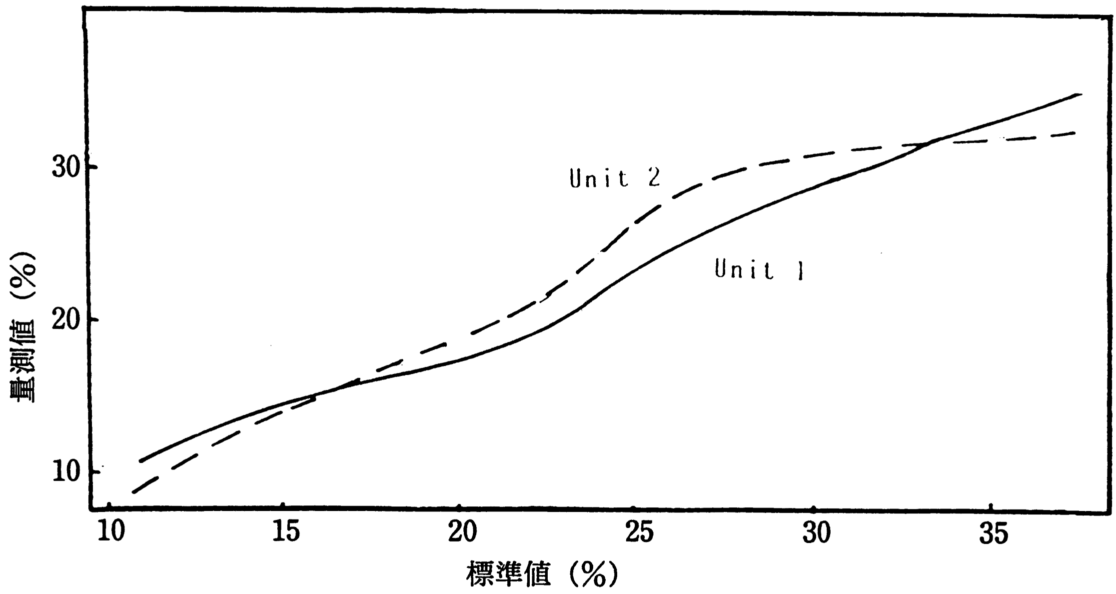

圖 14. CMW 於同型不同機具對臺稉8號之量測性能

Fig. 14. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter with different units

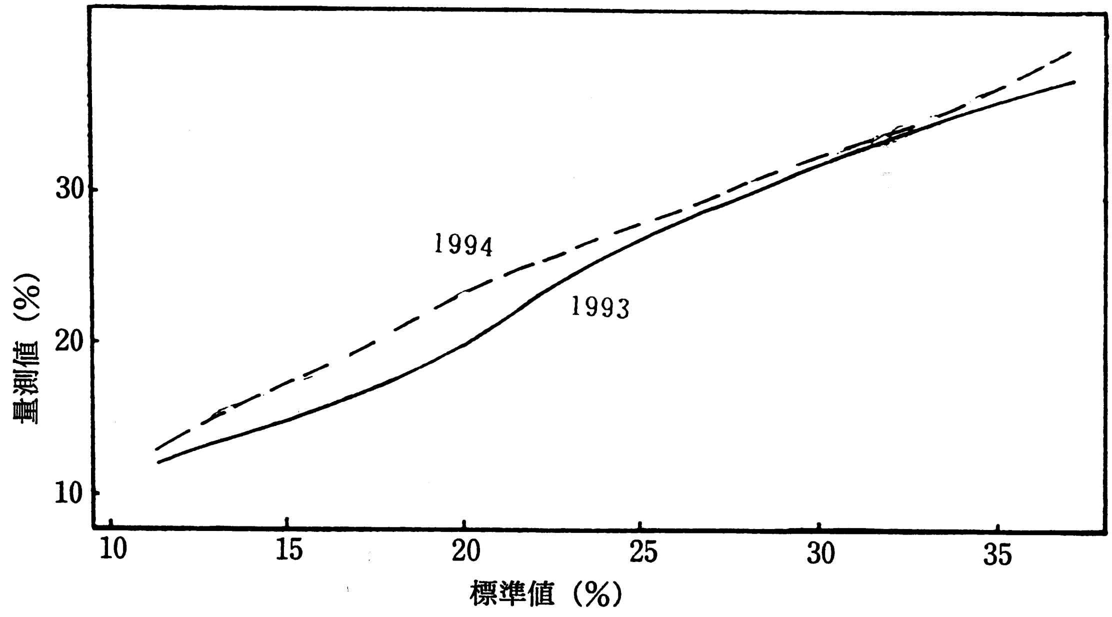

圖 15. CMW 於不同收穫年代對臺稉8號之量測性能

Fig. 15. Meter values versus oven moisture of Taikeng No. 8 for CMW meter with different harvest years

利用紅外線法量測時，因爲其應用原理係利用紅外線產生之熱量，急速乾燥穀物內部水份，以量測前後之樣本重量計算含水率，與穀物內部成份之電子物性無關，因此收穫年代與不同品種對量測性能影響爲不顯著。

結　論

綜合上述研究結果，所得結論如下：

一、電阻原理開發而成之水份計，其由量測誤差與變異數可知其適用範圍不得高於22%。利用迴歸分析建立校正方程式以改善量測性能方式對 Kett 型與 YM 型水份計之效果不明顯，但可改良 CMW 型與 IZ 型水份之量測性能。

二、四種品種對於水份計之量測性能影響能力不同，YA 型水份計之影響最小，CMW 與 IZ 型水份計因品種差異約有1.0%之量測誤異。

三、同廠牌之不同機具其量測性能對 CMW 型水份計而言，在13～18%範圍內差異值約0.5%之內。

四、不同收穫年代之稻穀，因貯存時間相異對 CMW 型水份計之量測性能都有影響。CMW 型引起之差異性可高達2.5%，此影響原因需要深入探討。

引用文獻

1. 陳加忠、曹之祖。1990。烏龍茶葉吸濕曲線及其品質維持之應用研究。中華農業研究 34：239—257。
2. 陳加忠、曹之祖、陳麗娥。1991。稻穀水份計性能之測定與應用限制。中華農業研究 40：445—458。
3. 陳加忠、曹之祖。1993a。電子相對濕度計應用於穀物含水率之測定技術。農業工程學報 39(3)：97—102。
4. 陳加忠、曹之祖。1993b。電子式穀物水份計之性能研究。中華農業研究 42：430—445。
5. 陳加忠、雷鵬魁、曹之祖、陳志昇。1993c。循環式乾燥機線上型電阻式水份計之開發試驗。農業機械學刊 2(3)：39—44。
6. 加藤宏郎。1990。農產物の水份測定法と水分計。出自岩尾俊男編農產物性研究（第3集），日本農業機械化學會。
7. 笠原正行。1989。籾の性狀ガ水分検知裝置の測定精度に及ぼす影響。農業機械學會誌 51(6)：55—62。
8. Bern, C. J. and C. R. Hurburgh. 1981. Performance of some on-farm moisture meters in corn. ASAE Paper No. 81—3025，ASAE, St. Joseph, MI.
9. Gervinka, V., T. Michel, A. D. Kenworthy, D. G. Sherman, M. L. Miller and C. N. Aldous. 1975. Calibration systems for grain moisture meters. ASAE Paper No. 75—5013, ASAE, St. Joseph, MI.
10. Geabe, D. F. 1989. Measurement of seed moisture. P. 69—92. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14. Crop Science Society of American, Madison WI. USA.
11. Hanna, M. A. and N. Sharma. 1988. Oven drying for soybean moisture determination. Transcations of ASAE 31(6)：1851—1854.
12. Hemeda, M. A., C. R. Hurburgh, Jr. and C. J. Bern. 1982. Effects of variety, mechanical damage and drying temperature on electronic moisture meters. ASAE Paper No. 82—3545, ASAE, St. Joseph, MI.
13. Huggins, L. F. 1983. Analysis and interpretation. In: Instrumention and measurement for environmental science, Mitchell, B. W.（eds.）, Chap. 15, ASAE, St. Joseph. MI.
14. Hunt, W. H. and S. W. Pixton. 1974. Moisure, its significance, behavior, and measurement. P. 1—39. In C. M. Christensen（ed.）Storage of cereal grains and their products. 2nd ed AACC, St. Paul MN.
15. Hurburgh, Jr, C. R., T. E. Hazen and C. J. Bern. 1985. Corn moisture measurement accuracy. Transcations of ASAE 28(2)：634—640.
16. Hurburgh, C. R. Jr., L. N. Paynter, S. G. Schmit and C. J. Bern. 1986. Performance of farm-type

moisture meters. Transcations of the ASAE 29 : 1118—1123.

17. Multon. J. L. 1979. International standardized methods and moisture meters for determining moistrue content in cereal grains. Cereal Foods World 24 : 548—558.

18. Myers, R. H. 1986. Classical and modern regression with application. PWS and Kent Publ. Boston USA.

19. Noomhorm, A. and L. R. Verma. 1982. A comparison of microwave, air oven and moisture meters with standand method for rough rice moisture determination. Transcation of ASAE25(6) : 1464—1470.

20. Pausen, M. R., L. D. Hill and B. L. Dixon. 1983. Moisture meter-to-oven comparisons for Illinois corn. Transcation of the ASAE 26 : 576—583.

21. Rawlings, J. O. 1988. Applied regression analysis: A research tool. Wadsworth & Brooks, Pacific Grave, Califonia.

22. Wilhelm, L. R., Perrin and D. J. Barbar. 1988.Evaluation of methods for moisture content determination in snap beans. Transcation of ASAE 31(3) : 956—961.

23. Young, J. H. 1991. Moisture. P. 7 : 1—9. In Z. A. Henry et. al (ed.) Instrumentation and Measurement for Environmental Sciences 3rd. ed. ASAE, St. Joseph MI.

Performance of the Resistance Moisture Meters for Rough Rice[1]

Chia-Chung Chen and Chih-Tsu Tsao[2]

Summary

The four types of resistance moisture meters most commonly used in Taiwan were used to measure the moisture contents of four different varieties of rough rice and compared the results determinated by the air-oven method. The statisics of measured errors and variances are adopted as the criteria to determine the proper measuring ranges of these meters. The best regression equation obtained from the relationship between measured values and standard values by air-oven method was selected to improve the performance of resistance moisture methers. The results of this study indicated that the performance of resistive-type meters could only be valid at the moisture content bellow 22%. The quantitative effect of grain vareities, units and different harvested years had been established.

Key words : Oven, Moisture content, Rough rice, Resistance moistrue meters.

---

1. Contribution No. 1802 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Associate Researcher and Specialist, Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.